昆虫学报 *Acta Entomologica Sinica*，June 2002，45（3）：341 – 345 ISSN 0454-6296

二点叶螨对甲氰菊酯、氧乐果和四螨嗪抗药性的选育、衰退和恢复

沈慧敏，张新虎

（甘肃农业大学植物保护系，兰州 730070）

摘要：以兰州吐鲁沟公园的二点叶螨 *Tetranychus urticae* 为敏感品系，分别用氧乐果、甲氰菊酯、四螨嗪喷雾处理 15 次，其抗性水平分别为 38.5、479.8 和 67.3 倍。将抗性品系分别与敏感品系进行杂交和回交的结果表明：抗氧乐果品系的显性系数 D_{RS}（R♀ × S♂）为 0.4700、D_{SR}（S♀ × R♂）为 0.4749；抗甲氰菊酯品系的 D_{RS}（R♀ × S♂）为 0.5155，D_{SR} 为 0.5237；抗四螨嗪品系的 D_{RS} 为 0.3134，D_{SR} 为 0.2466。表明二点叶螨对这 3 种药剂的抗性均是由单个不完全显性基因所控制。在连续 10 个月不接触药剂的情况下，3 个抗性品系的抗药性都有下降，抗氧乐果品系的抗性下降最快，只有敏感品系的抗性倍数的 3.6 倍；抗甲氰菊酯种群的抗性下降较慢，为敏感品系的 95.9 倍。再经甲氰菊酯、氧乐果、四螨嗪分别连续 15 次喷雾处理后，3 个抗性种群的抗性水平又再度回升，抗甲氰菊酯品系回升较快，抗性为敏感品系的 523.5 倍，抗四螨嗪品系次之，抗氧乐果的品系抗性恢复最慢。

关键词：二点叶螨；甲氰菊酯；氧乐果；四螨嗪；抗药性；遗传分析

中图分类号：S481.4 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296（2002）03-0341-05

Selection，decline and recovery of *Tetranychus urticae* Koch resistance to fenpropathrin，omethoate and clofentezine

SHEN Hui-Min，ZHANG Xin-Hu（Department of Plant Protection，Gansu Agricultural University，Lanzhou 730070，China）

Abstract: After the susceptible strains of *Tetranychus urticae* were sprayed with omethoate，fenpropathrin，clofentezine for 15 times，their resistance to these insecticides increased 38.5，479.8 and 67.3-fold respectively. Cross and back-cross breeding between the resistant and the susceptible strains showed that the dominance coefficient（D）of the R-omethoate strain was RS = 0.4700 and SR = 0.4797；D of the R-fenpropathrin strain was RS = 0.5155 and SR = 0.5237；D of the R-clofentezine strain was RS = 0.2466 and SR = 0.3134. It was inferred that their resistance to the insecticides was controlled by a single and incomplete dominant gene. The resistance of three strains significantly declined when spraying was suspended for 10 months，and following spraying for fifteen successive times with the 3 insecticides respectively resulted in recovery of their resistance to the corresponding insecticide to different extents.

Key words: *Tetranychus urticae* Koch；fenpropathrin；omethoate；clofentezine；resistance；genetic analysis

二点叶螨 *Tetranychus urticae* Koch 是分布于温带和亚热带地区的害螨之一。近年来在我国北方、西北等地的果园突然发生，并逐渐扩散蔓延。由于二点叶螨寄主广、食性杂、具有较高的内禀增长率、生长速度快、繁殖率高，给防治带来了很大困难。害虫的抗性是一种遗传性状，抗性发展速度和抗性水平可因其遗传方式的不同而有不同，研究二点叶螨抗药性的遗传方式是指导抗性治理的基础。为了摸清二点叶螨在果树上严重发生与使用农药之间的关系，为制订化学防治和抗性治理策略，作者对二点叶螨抗氧乐果、甲氰菊酯和四螨嗪的抗性遗传作了研究。

1 材料与方法

1.1 材料

基金项目：甘肃省自然科学基金项目（ZR – 97 – 047）

第一作者简介：沈慧敏，女，1958 年生，河南长葛人，学士，副教授，主要从事植物化学保护及昆虫毒理研究，E-mail：shhm251@sohu.com

收稿日期 Received：2000-07-20；接受日期 Accepted：2001-02-19

1.1.1　供试药剂：20%甲氰菊酯乳油（日本住友化学公司）；40%氧乐果乳油（甘肃张掖农药厂）；20%四螨嗪悬浮剂（山东乐陵农药厂）。

1.1.2　试虫：二点叶螨敏感品系采自兰州吐鲁沟森林公园的金花忍冬 *Lonicera chrysantha* Turcz。该公园为国家自然保护区，周围 20 km 没有农作物，未施用任何农药。将该品系的雌成螨接在温室中盆载的菜豆苗上群体饲养，温度 26～28℃，相对湿度 70%左右，光照 14 h，黑暗 10 h。待定殖后分别用甲氰菊酯、氧化乐果、四螨嗪连续喷雾处理 15 次后获、得抗性品系作为抗性变化的研究材料，它们对这 3 种杀虫剂的抗性分别是敏感品系的 479.5 倍、38.5 倍和 67.3 倍（陈年春和范志金，1995）。

1.2　试验方法

1.2.1　抗性遗传分析：（1）杂交（S♀×R♂）和反交（R♀×S♂）：取未交配的 S 品系和 R 品系雌雄成螨各 300 对分别配对（S♀×R♂和 R♀×S♂），即得杂合 SR 和 RS 的 F_1，分别用氧乐果、甲氰菊酯、四螨嗪对 F_1 代进行室内毒力测定（黄明度等，1987；Hoy and Conley，1988；柯励生等，1990；Keena and Gronett，1990；沈慧敏和张新虎，1994；吴孔明和刘芹轩，1994）。（2）回交［（R♀×S♂）×S♂］、［（R♀×S♂）×R♀］：取未交配的 RS 和 SR 的 F_1 自交得 F_2 代，分别用氧乐果、甲氰菊酯、四螨嗪对 F_2 代进行室内毒力测定（黄明度等，1987；Hoy and Conley，1988；柯励生等，1990；Keena and Conley，1990；沈慧敏和张新虎，1994；吴孔明和刘芹轩，1994）。

1.2.2　抗性品系的抗性变化分析：将上述 3 个抗性品系在室内盆载的菜豆苗上继续分别群体饲养，10 个月内不施用任何农药，每隔 3 个月进行一次室内毒力测定，观察抗性变化情况。停用农药 10 个月后，再重新分别用甲氰菊酯、氧乐果和四螨嗪连续处理室内盆栽的各抗性品系。喷雾时以叶背叶面完全湿润但不流失为度，浓度以死亡率达 50%～60%时的浓度，待二点叶螨品系恢复至原有密度时，再进行下一次处理，共处理 15 次，每处理 5 次进行一次室内毒力测定（赵建周等，1993；沈慧敏和张新虎，1994；梁革梅和谭维嘉，1997）。

1.2.3　室内毒力测定：室内毒力测定采用 FAO 1980 年推荐的玻片浸渍法（slide-dip method）：将双面胶带剪成 1 cm×2 cm 的小块，粘在载玻片的一端，在显微镜下选取供试雌螨 20～30 头，排成 2 行将其背部贴在胶面上。将粘好螨的玻片置于 25～27℃、相对湿度 70%～80%的搪瓷盘中。4 h 后镜检，剔除死螨后再进行药剂处理（赵建周等，1993）。

每种药剂按倍比关系配成 5 个浓度，重复 3 次，自来水为对照。将粘有雌成螨的玻片在药液中浸 5 s 后取出，用滤纸吸干玻片及螨体周围的药液，再置于上述搪瓷盘中，24 h 后镜检死、活螨数。检查时用小毛笔轻触螨足和须肢，不动者为死亡（沈慧敏和张新虎，1994）。用 Abbott 公式校正死亡率，用 Finney 机率值分析法求毒力回归式、LD_{50}值，并进行 χ^2 检验（唐振华和黄刚，1982）。

2　结果

2.1　二点叶螨对杀虫剂抗性的选育分析

抗氧乐果品系杂交 F_1 代 SR 和 RS 的 LD50 值分别为 536.0 和 526.6 mg/L（表 1）；抗甲氰菊酯品系杂交 F_1 代 SR 和 RS 的 LD_{50}值分别为 486.4 和 474.3 mg/L（表 2）；抗四螨嗪品系杂交 F_1 代 SR 的 RS 的 LD_{50}值分别为 149.5 和 172.1 mg/L（表 3），3 种正、反交子代品系的抗性水平介于抗性品系和敏感品系之间且偏向抗性品系，抗性水平向抗性品系发展。

根据测定杂交 F_1 代显性系数（D）的 Falconer 公式，可计算 3 种抗性品系基因遗传的显性系数：

$$D = (2x_2 - x_1 - x_3)/(x_1 - x_3)$$

式中 x_1、x_2 和 x_3 分别为抗性品系、杂交 F_1 代及敏感品系 LC_{50}的对数值。$D = 1$ 为完全显性；$D = -1$ 为完全隐性；$D = 0$ 为半显性。

将表 1、2、3 数据代入公式计算，可得抗氧乐果品系的显性系数 $D_{SR} = 0.4749$、$D_{RS} = 0.4700$；抗甲氰菊酯品系的显性系数 $D_{SR} = 0.5237$、$D_{RS} = 0.5155$；抗四螨嗪品系的显性系数 $D_{SR} = 0.2466$、$D_{RS} = 0.3134$。可以认为二点叶螨 3 种抗性品系的抗性均由不完全显性基因控制，正交和反交无显著的差别，则表明母体对抗性影响不大。

三种抗性品系的回交 F_2 代的抗性水平有明显差别，F_2 代 SRS 的 LD_{50}为：抗氧乐果品系 86.4 mg/L、抗甲氰菊酯品系 106.5 mg/L 和抗四螨嗪品系 46.7 mg/L，分别相当于敏感品系的 2.4 倍、24.1 倍和 4.3 倍，而三种抗性品系 F_2 代 RSR 的 LD_{50} 值分别为 971.7 mg/L（氧乐果）、638.8 mg/L（甲氰菊酯）和 203.0 mg/L（四螨嗪），相当于各敏感品系的 27.3 倍、144.8 倍和 18.7 倍，表明抗性水平向

抗性品系发展。

表1 二点叶螨对氧乐果抗性的选育及其杂交子代的抗性水平

Table 1 Selection of *Tetrangchus urticae* resistance to omethoate and resistance of its cross offsprings to the insecticide

品系 Strains	毒力回归式（y=）Regression	LD_{50} (mg/L)	χ^2	95%置信限 Fiducial limit	抗性倍数 Resistance factor
S	3.03+1.27x	35.8	2.98	27.8~469.2	1.0
R	-2.43+2.37x	1 387.8	6.97	1 186.2~1 602.6	38.5
SR（S♀×R♂）F_1	-0.70+2.09x	536.0	1.09	459.7~624.9	14.0
RS（R♀×S♂）F_1	0.03+1.83x	526.6	5.39	443.6~625.1	14.7
SRS（SR♀×S♂）F_2	0.74+2.20x	86.4	4.99	73.6~101.4	2.4
RSR（RS♀×R♂）F_2	-0.21+1.74x	971.7	6.17	807.2~1 169.8	27.1

S：敏感品系 susceptible strain；R：抗性品系，为连续用药15次后选育的抗性 resistance strain，resistance induced by 15 successive applications of the insecticide。下同 The same for the following tables

表2 二点叶螨对甲氰菊酯抗性的选育及其杂交子代的抗性水平

Table 2 Selection of *T*. *urticae* resistance to fenpropathrin and resistance of its cross offsprings to the insecticide

品系 Strains	毒力回归式（y=）Regression	LD_{50} (mg/L)	χ^2	95% 置信限 Fiducial limits	抗性倍数 Resistance factor
S	3.54+2.27x	4.4	6.49	4.0~5.1	1.0
R	-3.93+2.68x	2 115.9	7.23	1 843.2~2 428.9	479.8
SR（S♀×R♂）	-0.57+2.07x	486.4	4.26	409.7~568.9	110.3
RS（R♀×S♂）	0.42+1.71x	474.3	3.93	395.8~568.4	107.6
SR♀×S♂	1.21+1.87x	106.5	2.82	88.3~128.4	24.1
RS♀×R♂	0.82+1.49x	638.8	0.18	520.9~783.3	144.8

表3 二点叶螨对四螨嗪的选育及其杂交子代的抗性水平

Table 3 Selection of *T*. *urticae* resistance to clofentezine and resistance of its cross offsprings to the insecticide

品系 Strains	毒力回归式（y=）Regression	LD_{50} (mg/L)	χ^2	95%置信限 Fiducial limits	抗性倍数 Resistance factor
S	3.55+1.40x	10.9	1.91	8.5~13.5	1.0
R	-1.48+2.26x	729.8	5.98	621.6~856.8	67.3
SR（S♀×R♂）	1.04+1.82x	149.5	2.42	88.3~128.4	13.8
RS（R♀×S♂）	-0.18+2.32x	172.1	4.13	146.8~201.7	15.9
SR♀×S♂	1.02+2.38x	46.7	7.71	40.1~54.3	4.3
RS♀×R♂	0.96+1.75x	203.0	3.07	165.8~248.5	18.7

2.2 停止施药后二点叶螨对杀虫剂抗性的衰退

在连续10个月不施用药剂的情况下，3个抗性品系的抗性都表现为下降，尤其抗氧乐果品系的抗性水平下降最快，停药10个月后的 LD_{50} 比停药前的抗性（F_1）下降90.8%；在同样条件下，对四螨嗪的抗性约降低84.9%，对甲氰菊酯的抗性下降80.0%左右（表4）。3个抗性品系与敏感品系的抗性倍数相比分别为氧乐果3.6倍；四螨嗪10.2倍；甲氰菊酯95.9倍。

2.3 二点叶螨对杀虫剂抗性的恢复

再次用药剂连续15次喷雾处理后，3个抗性品系的抗性水平都有所回升，其中抗甲氰菊酯品系抗

性恢复最慢，经15次处理后，较 F_1 代的抗性回升仅445.7%；抗氧乐果品系抗性恢复最快，较 F_1 代的抗性回升897.0%，3个抗性品系较敏感品系的相对抗性倍数分别是523.5倍（甲氰菊酯）、69.3倍（四螨嗪）、35.4倍（氧乐果）（表5）。抗氧乐果品系没有超过前基础抗性水平（38.5），抗甲氰菊酯和抗四螨嗪品系均超过前基础抗性水平（479.8和67.3倍）。

表4 停止用药不同代数后二点叶螨抗药性的衰退

Table 4 Decline of *T*. *urticae* resistance to the insecticides after spraying suspended for different generations

品系 Strains	代数 Generations	回归式（$y=$） Regression	LD_{50} （mg/L）	χ^2	较 F_1 抗性降低% Resistance decline% in comparison with F_1	相对于敏感品系的抗性倍数 Resistance factor relative to susceptible strain
抗甲氰菊酯 R-fenpropathrin	F_1	$-3.39+2.68x$	2 115.9	7.23	0.0	479.8
	F_5	$-1.93+2.20x$	1 424.4	6.66	32.7	323.0
	F_{10}	$-1.51+2.17x$	993.1	6.48	53.1	225.2
	F_{15}	$-0.49+2.09x$	423.1	3.02	80.0	95.9
抗氧化乐果 R-omethoate	F_1	$-2.43+2.37x$	1 378.8	6.96	0.0	38.5
	F_5	$-1.92+2.35x$	886.2	5.15	35.7	24.7
	F_{10}	$-0.86+2.14x$	539.3	5.15	60.6	15.1
	F_{15}	$0.47+2.15x$	127.2	4.50	90.8	3.6
抗四螨嗪 R-clofentezine	F_1	$-1.48+2.26x$	729.8	5.98	0.0	67.3
	F_5	$-0.24+1.93x$	511.5	4.54	29.9	47.1
	F_{10}	$-0.08+2.16x$	225.0	5.42	69.2	20.7
	F_{15}	$1.12+1.90x$	110.3	3.23	84.9	10.2

试验前原敏感品系 LD_{50} 值分别为：甲氰菊酯4.4 mg/L；氧乐果35.8 mg/L；四螨嗪10.9 mg/L

LD_{50} of susceptible strain was 4.4 mg/L, 35.8 mg/L and 10.9 mg/L for fenpropathrin, omethoate and clofentezine respectively

表5 二点叶螨对甲氰菊酯、氧乐果和四螨嗪抗性的恢复

Table 5 Resistance recovery of *T*. *urticae* to fenpropathrin, omethoate and clofentezine

品系 Strains	代数 Generations	回归式（$y=$） Regression	LD_{50} （mg/L）	χ^2	较 F_1 抗性回升% Resistance recovery % in comparison with F_1	相对于敏感品系的抗性倍数 Resistance factor relative to susceptible strain
抗甲氰菊酯 R-fenpropathrin	F_1	$0.49+2.09x$	423.1	3.02	0.0	95.9
	F_5	$0.25+1.93x$	287.7	3.96	−32.0	65.3
	F_{10}	$-0.46+1.99x$	564.6	5.54	33.5	128.0
	F_{15}	$-1.17+1.84x$	2 308.4	2.08	445.7	523.5
抗氧化乐果 R-omethoate	F_1	$0.47+2.15x$	127.2	4.50	0.0	3.6
	F_5	$0.59+1.83x$	257.6	2.89	102.6	7.2
	F_{10}	$-0.94+2.14x$	592.1	3.98	365.63	16.5
	F_{15}	$-1.97+2.25x$	1 267.8	4.67	897.0	35.4
抗四螨嗪 R-clofentezine	F_1	$1.12+1.90x$	110.3	3.23	0.0	10.2
	F_5	$2.09+1.50x$	89.2	1.89	−19.2	8.2
	F_{10}	$0.08+1.99_x$	293.7	4.91	117.2	27.1
	F_{15}	$-1.53+2.27x$	752.3	3.98	581.8	69.3

3 讨论

叶螨类为单-双倍染色体结构，雌性为双倍体。雄性个体在胚胎发育期丢掉一套来自父系的染色体成为拟单倍体。因而雄性的抗性基因完全来自母性（吴孔明和刘芹轩，1994）。F_1 代 RS 和 SR 的自交等于回交。因此，二点叶螨抗氧乐果、甲氰菊酯、四螨嗪的遗传方式均是由单个不完全显性基因控制。研究表明：对抗氧乐果、抗甲氰菊酯及抗四螨嗪的二点叶螨品系应及时采取适当措施，否则抗性还将迅速上升，尤其是在果园，对抗有机磷和菊酯类的二点叶螨品系处于突增阶段时，应予以足够重视，可采取使用增效剂或与抗性水平较低的杀虫杀螨剂混用来治理。

有些害虫对某些杀虫剂的抗性不稳定，停止用药一段时间后，抗性水平就会有所下降，如小菜蛾 *Plutella xylostella* 对溴氰菊酯（赵建周等，1993），棉铃虫 *Heliothis zea* 对溴氰菊酯及三氟氯氰菊酯都表现不稳定的抗性（梁革梅和谭维嘉，1997）。通过研究发现，二点叶螨对氧乐果产生抗性速度慢，衰退快，再恢复速度慢；对甲氰菊酯和四螨嗪产生抗性的速度快，衰退慢，再恢复的速度快。因此，在二点叶螨对甲氰菊酯、氧乐果、四螨嗪抗性水平较高的果园应暂停用药，使其抗性衰退，敏感性恢复，通过合理的交替用药来控制二点叶螨对这些药剂抗性的产生和进一步发展。

参 考 文 献 （References）

Chen N C，Fan Z J，1995. Resistant selecting and study on the cross-resistance of cotton spider（*Tetranychus truncatus* Ehara）. *Pesticides*，（5）：10－13.［陈年春，范志金，1995. 棉叶螨抗性培育及交互抗性研究 . 农药，（5）：10－13］

Hoy M A，Conley L，1988. Propargite resistance in pacific spider mites（Acari：Tetranychidae）stability and mode of inheritance. *J. Econ. Entomol.*，81（1）：57－64.

Huang M D，Xiong J J，Du T Y，1987. The selection for genetical analysis of phosmet resistance in *Amblyseius nicholsi*. *Acta Entomol. Sin.*，30（2）：133－139.［黄明度，熊锦君，杜桐源，1987. 尼氏钝绥螨抗亚胺硫磷品系筛选及遗传分析 . 昆虫学报 .1987，30（2）：133－139］

Ke L S，Yang Y Y，Xin J L，1990. Selection for genetic analysis of dimethoate resistance in *Amblyseius pseudolongispinosus*（Acarina：Phytoseiidae）. *Acta Entomol. Sin.*，33（4）：393－397.［柯励生，杨琰云，忻介六，1990. 拟长毛钝绥螨抗氧化乐果品系的遗传分析 . 昆虫学报，33（4）：393－397］

Keena M，Gronett J，1990. Genetic analysis of propargite resistance in pacific spider mites and two-spotted spider mites（Acari：Tetranychidae）. *J. Econ. Entomol.*，83（3）：655－661.

Liang G M，Tan W J，1997. Resistance stabilities of cotton bollworm to pyrethroids. *Plant Protection*，23（6）：6－8.［梁革梅，谭维嘉，1997. 棉铃虫对拟除虫菊酯的抗性稳定性研究 . 植物保护，23（6）：6－8］

Shen H M，Zhang X H，1994. Studies on the Insecticide-resistance of *Tetranychus viennensis* Zacher. *J. Gansu Agr. Uni.*，29（3）：250－254.［沈慧敏，张新虎，1994. 山楂叶螨抗药性研究 . 甘肃农业大学学报，29（3）：250－254］

Tang Z H，Huang G，1982. Resisitance of Agricultural Pests. Beijing：China Agricultural Press. 4－11，36－83.［唐振华，黄刚，1982. 农业害虫抗药性 . 北京：中国农业出版社. 4－11，36－83］

Wu K M，Liu Q X，1994. Genetic analyses of the resistance of carmine spider mite to monocrotophos. *Scientia Agricultura Sinica*，27（3）：50－55.［吴孔明，刘芹轩，1994. 朱砂叶螨对久效磷抗性的遗传分析 . 中国农业科学，27（3）：50－55］

Zhao J Z，Zhu G R，Xu B Y，Ju Z L，Zhu S X，Zou F，1993. Study on the resistance recovery and cross-resistance of *Plutella xylostella* L. in Wuhan to deltamethrin. *Plant Protection*，19（6）：13－14.［赵建周，朱国仁，徐宝云，剧正理，朱树勋，邹丰，1993. 武汉地区小菜蛾对溴氰菊酯的抗性恢复及交互抗性研究 . 植物保护，19（6）：13－14］